

Abstract

Partikelfilterbasierte Landmarkennavigation zur Berechnung von GPS ähnlichen Genauigkeiten - Landmarken GPS

Wimmer M.^(*), Abmayr T.^(*), Richter D.^(**), Runge H.^(**)

(*) Hochschule München, Fakultät für Geoinformation (**) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, MF-SAR

Motivation/Problemstellung:

Die Eigen-Lokalisierung des Fahrzeugs ist beim autonomen Fahren ein wichtiger Aspekt. Um die Positionierung innerhalb der Fahrspur und einen stabilen Fahrweg zu garantieren, ist eine Genauigkeit bei der Bestimmung der Ego-Position besser 20 cm erforderlich. Mit herkömmlichen Lokalisierungsverfahren wie GPS/GNSS kann diese Präzision aber nicht immer garantiert werden, denn sie sind anfällig gegenüber Störungen und Signal-Abschattungen, was für ein autonom fahrendes Auto nicht tolerierbar ist. Daher wird nach redundanten Verfahren zur Positionsbestimmung gesucht.

Das Ziel der hier vorgestellten Bachelor-Arbeit war es, zu untersuchen, welche Genauigkeiten bei der Landmarken basierten Lokalisierung mittels Partikelfilter Algorithmus erreicht werden können. Weiterhin wurde mittels Simulation gezeigt, welches Verhalten der Algorithmus bei der Verwendung von Sensoren mit unterschiedlicher Genauigkeit und bei typischen Straßenverläufen zeigt.

Methode/Untersuchung:

Um die theoretisch erreichbare Genauigkeit zu untersuchen, wurde eine Simulationsumgebung in Matlab, mithilfe der Mapping Toolbox, erstellt. Als Testgebiet diente das Autobahnkreuz München-Ost (A99/A94). Als Landmarken wurden die Leitpfosten verwendet, die in regelmäßigen Abständen am Straßenrand installiert sind. Die Position der Leitpfosten ist vom Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt mittels Radar-Fernerkundung und hochpräzise registrierten Luftbildern bestimmt und zur Verfügung gestellt worden /1-4/.

Die Trajektorie des Fahrzeugs wurde auf Basis von Straßendaten der Open Streetmap Datenbank generiert. Für die Darstellung wurden georeferenzierte Luftbilder aus Google Maps als Hintergrundkarte verwendet.

Die Kernidee des Partikelfilter Algorithmus ist es, verschiedene Varianten des Zustandsvektors zu verteilen. Beim Problem der Lokalisierung besteht dieser aus X , Y und θ , also dem Ort und der Orientierung. Liegt eine Messung vor werden die Zustandsvektoren (Partikel), je nachdem wie gut sie die Messdaten erklären, bewertet. Die am besten bewerteten Zustandsvektoren werden beibehalten, schlechte werden entfernt.

Der Partikelfilter wurde einerseits mit dem Sensortyp „Range-Bearing“, wie zum Beispiel ein LIDAR Sensor, der Winkel und Strecke zu den Landmarken misst, und mit einem „Bearing-Only“ Sensor, wie zum Beispiel einer Kamera mit nachgeschaltetem Bildverarbeitungsalgorithmus, die nur Winkelwerte liefert, getestet.

Zudem wurden Situationen betrachtet, in denen das Fahrzeug über einen längeren Zeitraum keine Messungen zu den Landmarken durchführen kann, wie es durch Abschattungen bei einem Überholvorgang von LKWs vorkommen kann. Außerdem wurden die Genauigkeiten bei unterschiedlichen Landmarkendichten betrachtet.

Ergebnisse:

Aus den Versuchen geht hervor, dass die Landmarkenbasierte Navigation mit einem Partikelfilter basierend auf Range-Bearing Sensordaten die besten Ergebnisse liefert. Die Anforderungen an die Genauigkeit, die im Bereich des autonomen Fahrens erforderlich sind, wurden umfassend erfüllt. Die Differenz zwischen der wirklichen und der berechneten Position beträgt stets wenige Zentimeter.

Die Ergebnisse, die mit einem Bearing-Only Sensor erzielt werden, erreichen nicht die gleiche Genauigkeit wie mit einem Range-Bearing Sensor. Bei richtig eingestellten Parametern wurde die geforderte Genauigkeit von 20 cm in Spitzen teilweise überschritten, im Mittel blieb sie aber auch hier weit darunter.

Die Dichte der Landmarken konnte als wichtiger Aspekt für das Funktionieren des Partikelfilters ausgemacht werden. Im Idealfall wird vom Sensor zu jedem Zeitpunkt mehr als eine Landmarke aufgenommen. Ist die Dichte der Landmarken zu gering, greift der Partikelfilter nicht.

Für ein Ausbleiben der Messungen über einen gewissen Zeitraum kommt es mit der Dauer der Abschattung zu immer größeren Genauigkeitsverlusten. In diesen Phasen kann nicht auf die errechnete Position zurückgegriffen werden, da diese weit über den geforderten Werten liegt. Sobald die Abschattung verschwunden ist und wieder Messungen vorliegen, ist die geforderte Genauigkeit innerhalb sehr kurzer Zeit wieder auf dem erforderlichen Niveau.

Keywords:

Landmarken-Navigation, Ego-Positionierung, Partikelfilter, GNSS, Autonomous Driving

Referenzen:

/1/ Hochgenaue Erfassung der Autobahnen für das automatisierte Fahren, das Projekt DriveMark; Runge, Hartmut und Balss, Ulrich und Suchandt, Steffen (2015) In: Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus. DLR. Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus 2015, 04. – 05. Nov 2015, Berlin
<https://elib.dlr.de/101721/>

/2/ SAR Data Based Landmark Navigation For Highly Precise Vehicle Localization; Richter, David und Abmayr, Thomas und Runge, Hartmut (2016), MoLaS 2016, 23. - 24.11.2016, Freiburg
<https://elib.dlr.de/108356/>

/3/ DriveMark – Generation of High Resolution Road Maps with Radar Satellites; Runge, Hartmut und Balss, Ulrich und Suchandt, Steffen und Klarner, Robert und Cong, Xiaoying (2016), 11th ITS European Congress, Seiten 1-6. ITS Europe. 11th ITS European Congress, 6. - 9. June 2016, Glasgow, Großbritannien
<https://elib.dlr.de/105774/>

/4/ Precise Position Capture With Radar Satellites; Runge, Hartmut und Balss, Ulrich und Suchandt, Steffen und Krauss, Thomas und Fischer, Peter und Klarner, Robert und Abmayr, Thomas und Wimmer, Michael und Richter, David (2018) Munich Satellite Navigation Summit 2018, 06. – 08. März 2018
<https://elib.dlr.de/120756/>